

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 7 月 14 日 (14.07.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/064382 A1

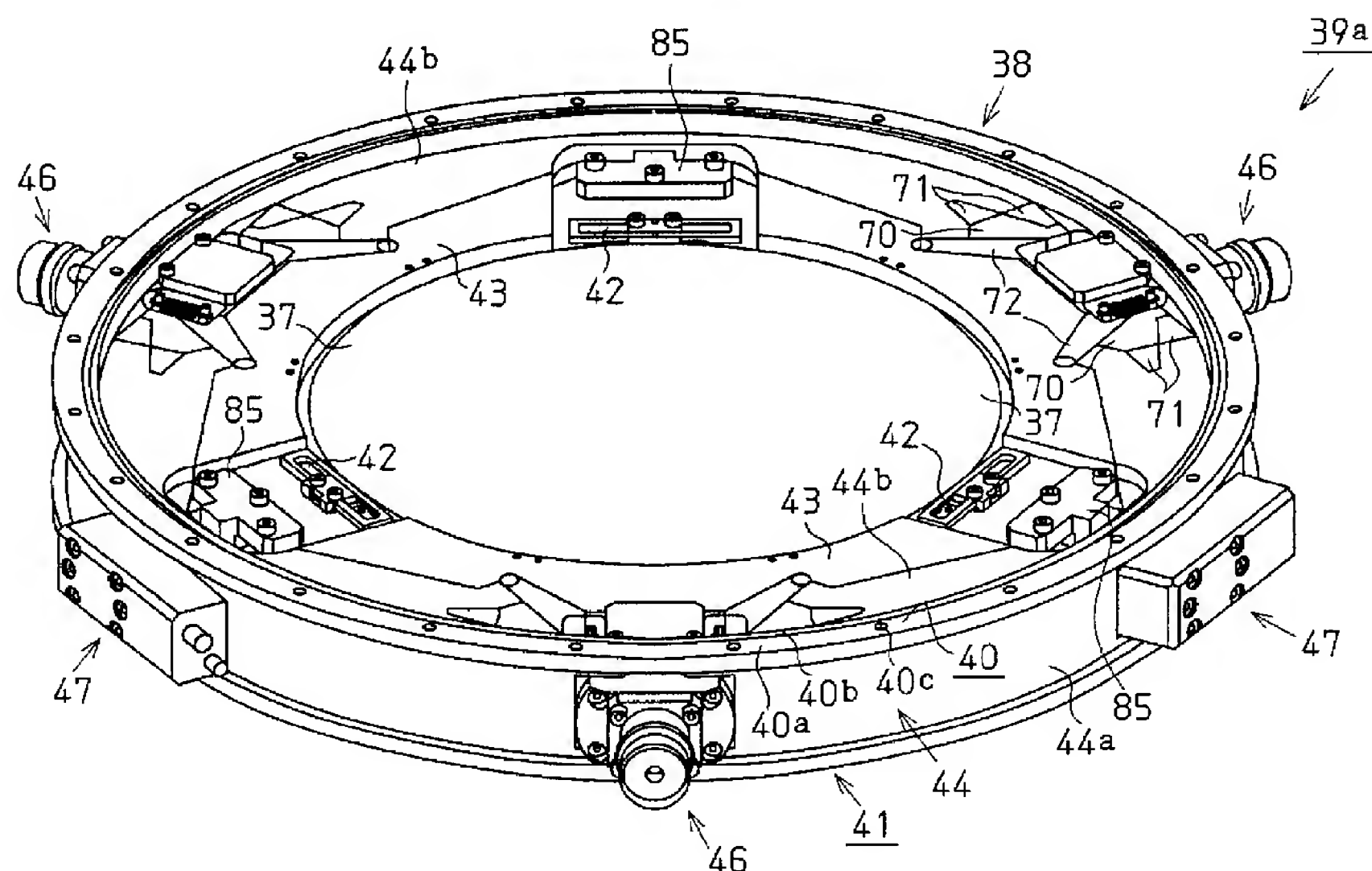
- (51) 国際特許分類⁷: G02B 7/02, G03F 7/20, H01L 21/027
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/019265
- (22) 国際出願日: 2004 年 12 月 22 日 (22.12.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2003-431484
2003 年 12 月 25 日 (25.12.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社
ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柴崎 祐一
(SHIBAZAKI, Yuichi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千
代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社 ニコン 内
Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 恩田 博宣 (ONDA, Hironori); 〒5008731 岐阜
県岐阜市大宮町 2 丁目 1 2 番地の 1 Gifu (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

[続葉有]

(54) Title: APPARATUS FOR HOLDING OPTICAL ELEMENT, BARREL, EXPOSURE APPARATUS, AND DEVICE PRO-
DUCING METHOD

(54) 発明の名称: 光学素子の保持装置、鏡筒、露光装置、及びデバイスの製造方法



(57) Abstract: A holding apparatus (38) for holding an optical element (37) at a controlled position and attitude. The optical element (37) is held at an inner ring (43) by a piezo housing (54). A piezo element (65) is isolated from the optical element (37). When the piezo element (65) elongates and contracts, a displacement section (70) is displaced in a plane perpendicular to the optical axis of the optical element while being guided by a parallel link section (71). A transmission link section (72) converts the direction of the displacement of the optical element (37) to transmit the result to a part of the inner ring (43).

(57) 要約: 光学素子 (37) を制御された位置と姿勢で保持する保持装置 (38)。光学素子 (37) はインナリ
ング (43) に保持される。 Piezoハウジング (54) によって、 Piezo素子 (65) は光学素子 (37) から隔
離されている。

[続葉有]

WO 2005/064382 A1



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

ピエゾ素子（65）が伸縮したとき、変位部（70）は平行リンク部（71）に案内されて、光学素子（37）の光軸に垂直な面内で変位する。伝達リンク部（72）は光学素子（37）の変位の変換して、インナリング（43）の一部に伝達する。

明 細 書

光学素子の保持装置、鏡筒、露光装置、及びデバイスの製造方法 技術分野

- [0001] 本発明は、光学素子の保持装置に係り、詳しくは高精度な光学素子の位置調整が可能な保持装置に関する。本発明は、保持装置、前記保持装置を備える鏡筒、前記鏡筒を備える露光装置、及び、前記露光装置を用いた露光を含むデバイスの製造方法を提供する。

背景技術

- [0002] 従来より、投影露光装置の投影光学系を構成する複数の光学素子は、各光学素子の光軸方向の位置やチルトなどの姿勢を精密に調整可能な保持装置によって保持される。位置と姿勢の調整によって、収差の補正と、大気圧の変化や熱照射の吸収に起因する収差変動の抑制が行われる。
- [0003] 光学素子の位置調整を自動制御で行う保持装置が開示されている(特許文献1参照)。この保持装置は、可動レンズの周縁を保持するインナリングと、インナリングに連結され、インナリングの外側に配置されるアウトリングとを備える。アウトリングはアクチュエータを備える。アクチュエータの変位は変位拡大機構によってインナリングに伝えられ、可動レンズを変位させる。アウトリングには、可動レンズの位置をモニタするためのセンサが取り付けられている。この保持装置を備えた鏡筒は比較的コンパクトである。
- [0004] 高密度でファインピッチの半導体デバイスを製造するために、より高い解像度で露光可能な投影露光装置が要求されている。投影露光装置はより短波長の露光光を使用する傾向にある。ArFエキシマレーザ($\lambda = 193\text{nm}$)やF₂レーザ($\lambda = 157\text{nm}$)が使用される。露光光の短波長化は解像度の向上に貢献する。
- [0005] 200nm以下の波長の露光光を使用する場合には、その露光光が進行する光路空間内に、水、酸素あるいは有機物質などの吸収物質が存在すると、露光光の強度は吸収物質によって大きく減衰する。そこで、特許文献1の保持装置では、鏡筒内にパージガスを供給して、光路空間内に存在する水、酸素あるいは有機物質を鏡筒内か

ら排除している。しかし、アウトリングとアクチュエータとの間に間隙があるため、その間隙からパージガスが漏出したり、外気(酸素、水、有機物質を含む気体)がその間隙から鏡筒の内部空間に流入するおそれがある。そこで、鏡筒の周りにジャケットが設けられ、ジャケットで囲まれた空間をパージガスで満たしている。

特許文献1: 米国特許出願公開第2001/0038500号明細書

[0006] ジャケットで囲まれた空間には、センサに接続される信号通信用被覆線や、アクチュエータに接続される給電用の被覆線が配置される。被覆線は極微量の有機物質等の化学汚染物質(アウトガス)を発生する可能性がある。ジャケットで囲まれた空間は、上述した間隙によって鏡筒内の空間と連通している。そのため、被覆線から発生した極微量の化学汚染物質は、ジャケットで囲まれた空間から上述した間隙を介して鏡筒の内部空間に流入し、露光光を吸収したり鏡筒内のレンズを曇らせる可能性がある。

発明の開示

[0007] 本発明は、鏡筒の内部のパージ雰囲気乱すことなく、光学素子の位置と姿勢の調整が可能な光学素子保持装置を提供することにある。

[0008] 上記目的を達成するため、本発明の一態様は、枠部材と、前記枠部材の内部に配置され、光学素子を保持する保持部材と、前記枠部材の外部からの駆動力により前記光学素子の光軸と交差する方向に変位する変位部と、前記変位部の変位を前記保持部材に伝達し、前記保持部材を前記光学素子の光軸とほぼ平行な方向に変位させる前記伝達部とを備える光学素子保持装置を提供する。化学汚染物質を発生する可能性のある駆動源を枠部材の外部に配置できるため、光学素子に対する化学汚染物質の影響を低減することができる。

[0009] 一実施形態では、前記変位部は前記光学素子の光軸に垂直な面内で変位する。これにより、光学素子の光軸に沿った光学素子保持装置の寸法(厚み)を低減できる。また駆動力が光学素子の光軸に垂直な面内で働くため、駆動力によって枠部材が光学素子の光軸に沿って歪むことはない。

[0010] 一実施形態では、前記枠部材に取り付けられ、前記駆動力を生成して前記光学素子の光軸と交差する方向に前記変位部を付勢する駆動部材を更に備える。この場合

、駆動部材が枠部材にあるため、枠部材の内部構造は簡略である。

- [0011] 一実施形態では、前記駆動部材は、駆動素子と、前記変位部に連結され、前記駆動素子を収容するハウジングとを含み、ハウジングは駆動素子の発生した駆動力を前記変位部に伝達する連結部を有する。この場合、枠部材外部からの駆動力はハウジングを介して変位部に伝達される。
- [0012] 一実施形態では、前記駆動部材は、前記保持部材の位置の粗調整を行う粗調整機構と、前記保持部材の位置の微調整を行う微動機構とを含む。この構成により、変位部の大まかな位置調整と精密な調整が迅速に行なうことができる。
- [0013] 一実施形態では、前記微動機構はピエゾ素子を含む。ピエゾ素子は制御が容易で、反応が早く、強く安定した駆動力を発生するので、光学素子の姿勢調整に適している。
- [0014] 一実施形態では、前記変位部が規制された方向に変位するように前記変位部を案内する案内部を更に備える。この構成により、光学素子を保持する保持部材の動きが正確になる。
- [0015] 一実施形態では、前記変位部と前記枠部材との間に設けられ、前記変位部を前記枠部材に向けて付勢する付勢部材を更に備える。この構成により、変位部の変位に正確に追従した光学素子の姿勢制御が可能である。
- [0016] 一実施形態では、前記伝達部は、前記保持部材に対して任意の方向に傾動及び回動可能に連結された一端と、前記変位部に任意の方向に傾動及び回動可能に連結される他端とを有するロッドであり、前記ロッドの一端と他端とを結ぶ軸線は前記変位部の変位方向に対して傾いている。この構成によれば、光学素子の光軸に垂直な面内における変位部の変位によって、保持部材の一部を光学素子の光軸と平行に移動させることができる。
- [0017] 一実施形態では、前記変位部は前記枠部材に設けられた3つの変位部のうちの一つであり、前記伝達部は各変位部に対応付けられた3つの伝達部のうちの一つであり、各伝達部は、各々が対応する変位部に連結された2つの前記ロッドを含む。この構成により、光学素子はキネマティックに支持される。
- [0018] 一実施形態では、前記枠部材と前記変位部との間に設けられ、前記駆動力に起因

する前記変位部の振動を減衰する振動減衰機構を更に備える。この構成により、伝達部及び保持部材がストレスを受けることなく、光学素子の姿勢が適切に調整される。

[0019] 一実施形態では、前記振動減衰機構は、前記枠部材及び前記変位部の一方に固定されて、他方に摺接する摩擦部材を含む。この場合、簡易な構成で振動を効果的に減衰できる。

[0020] 一実施形態では、前記枠部材と前記変位部と前記案内部と前記伝達部のうち少なくとも2つが1つの構造体に一体成形されている。例えば、前記1つの構造体は、彫り込み加工により形成されて、前記枠部材と前記変位部と前記案内部と前記伝達部のうちの前記少なくとも2つを相互に接続する接続部を含むことができる。複数の構成部分を一体成形とすることで、部品点数が減り、構造が簡易であり、部間の相対位置が厳密に決められ、無用な応力が生じず、構造体の剛性が高くなる。

[0021] 一実施形態では、前記枠部材の内部に設けられて、前記保持部材の変位を検出する検出器と、前記枠部材の外部に設けられて、前記検出器の検出結果を前記枠部材の外部から監視する監視部とを含む変位検出機構を更に備える。前記監視部は前記枠部材の気密状態を維持しつつ前記検出結果を読取ることができる。この場合、鏡筒内のパーティクル雰囲気を乱すことなく、保持部材の変位が分かる。

[0022] 一実施形態では、前記枠部材の内部空間を前記枠部材の外部から遮断し、前記枠部材の内部空間を密封するシールを更に備える。特に鏡筒を覆うカバーを使用せずに、保持装置が鏡筒内部の高度なパーティクル雰囲気を維持可能である。

[0023] 前記保持装置は鏡筒に組み込むことができる。この鏡筒は単独で高度なパーティクル雰囲気を達成することができる。この鏡筒は例えばマスク上に形成された所定のパターンの像を基板上に投影する投影光学系を含んでもよい。この鏡筒は露光装置に組み込むことができる。露光装置は収差の精密な補正ができるので、精密なデバイスの製造におけるリソグラフィ工程で使用するのに適している。これにより、高品質のデバイスを製造することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の好ましい実施形態に従う光学素子保持装置を備えた露光装置の概略

図。

[図2]光学素子保持装置の斜視図。

[図3]光学素子保持装置の平面図。

[図4]図3のA-A線に沿った断面図。

[図5]図3の部分拡大平面図。

[図6]図4の部分拡大図。

[図7]好ましい実施形態に従う光学素子保持装置の模式図。

[図8]好ましい実施形態に従う光学素子保持装置の模式図。

[図9]図4の部分断面図。

[図10]スケールの正面図。

[図11]デバイスの製造方法の概略的なフローチャート。

[図12]半導体デバイスの製造方法の部分的なフローチャート。

発明を実施するための最良の形態

[0025] 以下に、本発明の一実施形態に従う光学素子の保持装置について説明する。まず、図1を参照して露光装置31を概略的に説明する。露光装置31は光源32と、照明光学系33と、マスクとしてのレチクルRtを保持するレチクルステージ34と、投影光学系35と、基板としてのウエハWを保持するウエハステージ36とを備える。

[0026] 光源32は、例えば波長157nmのF₂レーザを発振する。光源32は、波長248nmのKrFエキシマレーザや波長193nmのArFエキシマレーザを発振してもよい。本発明は、F₂レーザ、ArFエキシマレーザ、あるいは波長13nmの極短紫外光EUVなどの比較的短波長の光線を使用する露光装置31にとって有用である。

[0027] 照明光学系33は、図示しないフライアイレンズやロッドレンズ等のオプティカルインテグレータ、リレーレンズ、コンデンサレンズ等の各種レンズ系及び開口絞りを含む。光源32から出射されたレーザは、照明光学系33を通過することにより、レチクルRt上のパターンを均一に照明する露光光ELに調整される。

[0028] レチクルステージ34は、その上にレチクルRtが載置される載置面を有する。レチクルステージ34は、照明光学系33の射出側、すなわち、投影光学系35の物体面側（露光光ELの入射側）において、載置面が投影光学系35の光軸とほぼ直交するよう

に配置される。

- [0029] 投影光学系35はレンズ等の光学素子37を備える。投影光学系35は、複数の鏡筒モジュール39aを積層して組み立てられた鏡筒39内に収容される。各鏡筒モジュール39aは1つ又は2つの光学素子37を保持する。
- [0030] いくつかの鏡筒モジュール39a(図1では5個)は光学素子37を保持する保持装置38を備える。他の鏡筒モジュール39aも保持装置38を備えてもよいし、あるいは、保持装置38とは異なる構成の保持装置を備えてもよい。
- [0031] ウエハステージ36はその上にウエハWが載置される載置面を有する。ウエハステージ36の載置面は、投影光学系35の像面側(露光光ELの射出側)において、投影光学系35の光軸方向と交差するように配置されている。露光光ELにて照明されたレチクルRt上のパターンの像は、投影光学系35を通して所定の縮小倍率に縮小されて、ウエハステージ36上のウエハWに投影され、転写される。
- [0032] 次に、保持装置38について説明する。図2は、保持装置38を備えた鏡筒モジュール39aの斜視図であり、図3は保持装置38を備えた鏡筒モジュール39aの平面図であり、図4は図3のA-A線における断面図である。
- [0033] 図2に示すように、保持装置38は、環状の枠部材41と、光学素子37を保持する3つの支持部材42と備える。図3に示すように、枠部材41は、保持部材として機能するインナリング43と、アウトリング44と、変位部70と、平行リンク部71と、伝達リンク部72とを備える。
- [0034] アウトリング44は、外周面を有する側壁部44aと、側壁部44aの内側に配置された環状の平板部44bとを備える。側壁部44aの上端及び下端には環状の締結部40が設けられている。
- [0035] 締結部40は平らな上側及び下側締結面40aを含む。上側の締結面40aには、リングを収容するための環状溝40bが形成されている(図4参照)。各締結面40aには複数のボルト穴40cが等角度間隔で形成されている。環状溝40bにリングを収容して上側の締結面40aは他の鏡筒モジュール39aの下側の締結面40aと当接させ、各ボルト穴40cにボルトを挿入して、ナットで締結する。このように組みつけられた複数の鏡筒モジュール39aでは、リングにより高い気密性が得られる。鏡筒モジュール3

9aの内外の圧力差、締結部40の形状や素材に応じて、複数のOリングを収容可能な複数の環状溝40bを形成したり、Oリングに代えてガスケットのようなシール部材を用いてもよい。

[0036] 図3に示すように、アウトリング44の側壁部44aには、3つのピエゾ駆動部46が120度間隔で取り付けられている。側壁部44aにおいて、3つのピエゾ駆動部46からそれぞれ60°ずれた位置に監視部として機能する3つのセンサヘッド47が取り付けられている。ピエゾ駆動部46とセンサヘッド47の取り付けられた部分を除く側壁部44aの他の部分は閉じた面である。この構造により、アウトリング44の気密性は向上する。

[0037] 枠部材41について説明する。枠部材41は、ステンレススチール等の金属材料をカッター、ドリル、エンドミル、レーザ加工及び放電加工などのスリット加工技術や彫り込み加工技術により加工して形成される。まず、金属材料は円盤状に切り出され、光学素子37と干渉しない厚みに削られ、中心付近に円形の穴を形成し、インナリング43の形状に沿って部分的に切断する。そして、変位部70、平行リンク部71及び伝達リンク部72が平面的なスリット加工や立体的な彫り込み加工のような切断分離技術により形成される。各部70, 71, 72は完全に分離されておらず、接続部(LPU, LPL, EH1〜EH4)によって他の部分と連結されている。各部70, 71, 72は関連する接続部の可撓性により、所定方向に傾動可能である。インナリング43、アウトリング44、変位部70、平行リンク部71、及び伝達リンク部72は同一材料からなる一体構造体であり、これらの部間の相対位置は厳密に決められ、各部には無用な応力も働かない。そのため、ピエゾ素子65の伸縮のストロークは、優れた線形性で拡大されてインナリング43の変位に変換される。

[0038] 図5を参照してインナリング43、アウトリング44、変位部70、平行リンク部71、及び伝達リンク部72について説明する。

[0039] 変位部70は図5のピエゾ駆動部46の近傍に配置されている。

平行リンク部71は変位部70を案内する機能を有する。変位部70の両側に配置された一組の平行リンク部71が変位部70を案内する。変位部70の変位方向は一組の平行リンク部71により厳密に規制される。以下平行リンク部71について詳述する。平行リンク部71は、図5において変位部70の右側に配置される右内リンク71RF及び

右外リンク71RBと、変位部70の左側に配置される左内リンク71LF及び左外リンク71LBを含む。

- [0040] 右内リンク71RFは弾性ヒンジEH1によって変位部70と連結され、弾性ヒンジEH2によってアウタリング44の平板部44bと連結されている。弾性ヒンジEH1、EH2は光軸AXとほぼ平行な軸線を有する。右内リンク71RFは弾性ヒンジEH1を支点として回転し、変位部70に対して傾動する。右内リンク71RFは弾性ヒンジEH2を支点として回転し、平板部44bに対して傾動する。弾性ヒンジEH1の軸線と弾性ヒンジEH2の軸線を含む平面がピエゾ駆動部46の駆動方向と直交するように、弾性ヒンジEH1と弾性ヒンジEH2の位置は決められている。
- [0041] 右外リンク71RBは弾性ヒンジEH3によって変位部70と連結され、弾性ヒンジEH4によって平板部44bに連結されている。弾性ヒンジEH3、EH4は光軸AXとほぼ平行な軸線を有する。右外リンク71RBは弾性ヒンジEH3を支点として回転し、変位部70に対して傾動する。右外リンク71RBは弾性ヒンジEH4を支点として回転し、平板部44bに対して傾動する。弾性ヒンジEH3の軸線と弾性ヒンジEH4の軸線を含む平面はピエゾ駆動部46の駆動方向と直交するように、弾性ヒンジEH3と弾性ヒンジEH4の位置は決められている。
- [0042] 従って、弾性ヒンジEH1と弾性ヒンジEH2の軸線を含む面は、弾性ヒンジEH3と弾性ヒンジEH4の軸線を含む面と平行である。弾性ヒンジEH1と弾性ヒンジEH3の軸線を含む面は、弾性ヒンジEH2と弾性ヒンジEH4の軸線を含む面と平行である。弾性ヒンジEH1〜EH4の軸線を結んで形成される四角形は平行四辺形である。
- [0043] 左内リンク71LF及び左外リンク71LBは、右内リンク71RF及び右外リンク71RBと、ピエゾ駆動部46の駆動方向である作用線ALについて対称である。左内リンク71LF及び左外リンク71LBの作用は、右内リンク71RF及び右外リンク71RBのものと同等である。
- [0044] 従って、平行リンク部71は、アウタリング44の平板部44bを基準に、変位部70の移動を、光軸AXと直交する方向に規制する。詳細には、左内リンク71LF及び左外リンク71LBと、右内リンク71RF及び右外リンク71RBは作用線ALについてそれぞれ対称であるため、一対の平行リンク部71の相互作用により作用線ALと垂直な力が打ち

消される。その結果、変位部70は光軸AXに直交する作用線ALに沿って精密に直線的に案内される。

- [0045] 伝達リンク部72は伝達部として機能する。伝達リンク部72は、1組のプッシュロッドで構成される。1組のプッシュロッドは作用線ALの右側にある第1のロッド72Rと作用線ALの左側にある第2のロッド72Lとから構成される。各ロッド72R、72Lは側壁部44aに近い外側端部と、側壁部44aから遠い内側端部とを有する。図3に示すように、側壁部44aに近いほど、ロッド72R、72Lは互いに接近している。第1のロッド72Rの外側端部は外側ロッドピボットLPLによって変位部70と連結される。第1のロッド72Rの内側端部は内側ロッドピボットLPUによってインナリング43と連結される。外側ロッドピボットLPL及び内側ロッドピボットLPUは、スリット加工と上下端面からの彫り込み加工とを併用して、変位部70及びインナリング43と一体に形成される。インナリング43の上下面を彫り込み加工して、設計深さを有する外側ロッドピボットLPL及び内側ロッドピボットLPUが形成され、立体的な第1のロッド72Rが形成される。
- [0046] 第1のロッド72Rは外側ロッドピボットLPL及び内側ロッドピボットLPUの各々を支点として任意の方向に傾動及び回動可能である。
- [0047] 外側ロッドピボットLPL及び内側ロッドピボットLPUは、平板部44bの表面及び裏面からの深さが異なり、内側ロッドピボットLPUは外側ロッドピボットLPLよりも上方にある。従って、内側ロッドピボットLPUと外側ロッドピボットLPLとを結ぶ線PL（第1のロッド72Rの軸線）は、変位部70の変位方向に対して所定の偏角（仰角）を有する。第2のロッド72Lは、作用線ALに対して第1のロッド72Rと対称的に構成されている。
- [0048] 伝達リンク部72の動作について説明する。伝達リンク部72の外側端部は、外側ロッドピボットLPLにより変位部70と連結されているため、光軸AXに直交する方向に直線的に変位する。伝達リンク部72が変位部70により光軸AXに垂直に交わる方向に押された場合、伝達リンク部72の内側端部（ロッドピボットLPU）の動きは光軸AXに沿った方向に規制される。複数の伝達リンク部72の変位によって、インナリング43がキネマティックに駆動される。これについては後述する。
- [0049] 以下の説明では、外側ロッドピボットLPLと内側ロッドピボットLPUを結ぶ線PLを伝達リンク部72の軸線PLと呼ぶこともある。軸線PLと、光軸AXに垂直な平面とがなす

角度は、例えば、 10° ～ 15° 程度である。そのため、伝達リンク部72の外側端部が水平に付勢された場合、伝達リンク部72の外側端部は水平に変位するが、伝達リンク部72の内側端部は光軸AXに沿って上方に変位する。

[0050] また、伝達リンク部72の内側端部の変位量(距離)は、外側端部の変位量(距離)よりも拡大されている。本実施形態の駆動源はピエゾ素子65のような圧電素子である。ピエゾ素子65は、印加電圧に対するレスポンスが早く、安定したストローク(変位量)で伸縮し、駆動力も極めて大きい性質を有する。そのため、光学素子37の位置及び姿勢の制御用途には極めて好適である。しかしながら、一般にピエゾ素子65の伸縮のストロークは小さいので、ピエゾ素子65の伸縮のストロークを拡大する必要がある。上記した偏角は、ピエゾ素子65の伸縮の方向を変換する作用と、ピエゾ素子65の伸縮のストロークを光学素子37の位置制御に足りる程度にまで拡大する作用とを有する。

[0051] 図3に示すように、光学素子37は円形の凸レンズや凹レンズ等の各種のレンズである。光学素子37は合成石英や蛍石等の所定以上の破壊強度を有する硝材から構成される。図4に示すように、光学素子37の周縁にはフランジ部37aが形成されている。

[0052] 光学素子37の直径はインナリング43の内径と略同じである。図3に示すように、インナリング43の内周縁に沿って3つの支持部材42が等角度間隔をおいて配置されている。光学素子37は3つの支持部材42によって支持される。図9に示すように、各支持部材42は基台部材79とクランプ部材78とを含む。基台部材79とクランプ部材78によって光学素子37のフランジ部37aが挟持される。基台部材79は、外部装置から支持部材42が受けた光学素子37の光学面の状態に影響を与える要因(例えば露光装置31の本体の表面及び枠部材41の締結部40の表面の微小な荒れやうねり)を吸収するフレクシャ構造を備える。このため、枠部材41を介した外部からの歪みに起因してインナリング43の平面性が変化した場合であっても、その変化は光学素子37とインナリング43との間の支持部材42によって吸収される。従って、光学素子37がストレスを受けたり、光学面が悪影響を受けることはない。

[0053] 図6を参照して微動機構として機能するピエゾ駆動部46を説明する。ピエゾ駆動部

46はアウトリング44の側壁部44a(図2参照)に取り付けられる。側壁部44aにはアウトリング44の中心(光軸AX)に向かって延びる導入穴48が形成されている。

[0054] 導入穴48には、底面部55と、長手方向の中央部の外面に形成された環状のフランジ56とを含む円筒状のピエゾハウジング54が挿入される。ピエゾハウジング54の底面部55の中央には半球突起57が形成されている。

[0055] ピエゾハウジング54のフランジ56は、変位部70の内部に形成された駆動部74に当接し、押え環75により固定される。駆動部74は、ピエゾハウジング54と変位部70との相対位置を正確に決める。押え環75は変位部70にネジ止め固定されて、駆動部74とフランジ56の相対位置がずれるのを防止する。

[0056] 導入穴48には、スリーブ状のシールハウス49が嵌合されている。すなわち、シールハウス49は側壁部44aに固定されている。シールハウス49の内面と外面にはそれぞれ環状溝50、51が形成されている。環状溝50、51にはOリング52、53がそれぞれ嵌合されている。ピエゾハウジング54の外径と略同じ内径を有するシールハウス49が導入穴48の内壁面とシールハウス49の外周面との間に配置されている。Oリング52、53はピエゾハウジング54とシールハウス49との間及びシールハウス49と導入穴48との間をそれぞれシールする。また、Oリング52、53はピエゾハウジング54とシールハウス49と側壁部44aとの摺動を許容する。

[0057] 側壁部44aの導入穴48の周辺には、環状の押えブロック58がネジ止め固定されている。押えブロック58の開口を覆うピエゾキャップ59が押えブロック58にネジ止め固定されている(図5参照)。ピエゾキャップ59はピエゾハウジング54の中心線に沿ったネジ孔を有する。このネジ孔とロックナット64に粗動ネジ60の軸部61が螺入されている。粗動ネジ60の軸部61の先端には、アウトリング44の中心を向いた半球突起62が形成されている。粗動ネジ60の頭部63は円盤状である。ロックナット64をピエゾキャップ59に締め付けることで粗動ネジ60は固定される。

[0058] ピエゾハウジング54は円柱形のピエゾ素子65を収容する。ピエゾ素子65は、電圧の印加に応答して僅かに伸張し、駆動部74を介して変位部70を変位させる。ピエゾ素子65は、光軸AXに近い内端面の中央に形成された円錐凹部66と、光軸AXから遠い外端面の中央に形成された円錐凹部67とを有する。ピエゾ素子65がピエゾハ

ウジング54に収容された状態では、円錐凹部66は半球突起57と嵌合する。円錐凹部67は粗動ネジ60の螺入によって半球突起62と嵌合する。ピエゾ素子65は円錐凹部66においてのみピエゾハウジング54と接触するように、ピエゾハウジング54とピエゾ素子65との間には空隙が設けられている。キャップ状の電極68がピエゾ素子65の外端部を覆っている。ピエゾハウジング54と電極68とは、電氣的に絶縁されている。図示しないケーブルを介して、図示しない制御装置からピエゾ素子65を駆動するための駆動電圧がピエゾ駆動部46に供給される。

[0059] ピエゾ素子65の駆動に伴う各部の動作を作用する。

ピエゾ素子65の外端面の位置は、円錐凹部67と粗動ネジ60の半球突起62との嵌合により決まる。この状態でピエゾ素子65が伸張すると、ピエゾ素子65はピエゾハウジング54の半球突起57をアウトリング44の中心に向けて付勢する。これにより、ピエゾハウジング54自体がアウトリング44の中心(光軸AX)方向に移動する。フランジ56は変位部70を光軸AX方向に付勢する。変位部70は、平行リンク部71に案内されて(図5参照)、光軸AXと直交する方向に変位する。

[0060] 図5に示すように、作用線ALと平行な一対のリターンスプリング76が変位部70とアウトリング44の平板部44bとの間を連結している。リターンスプリング76は伸張した状態のコイルスプリングのような付勢部材であり、変位部70をアウトリング44の平板部44bに向けて、つまり光軸AXから遠ざかる方向に付勢する。ピエゾ素子65への駆動電圧の印加の停止に伴ってピエゾ素子65が短縮したときに、変位部70はリターンスプリング76の付勢によりピエゾハウジング54の半球突起57が円錐凹部66に当接する位置まで光軸AXから遠ざかる方向に変位する。

[0061] 粗動ネジ60は、押えブロック58及びピエゾキャップ59を介して枠部材41に連結されている。粗動ネジ60の頭部63を回動すると、軸部61がピエゾキャップ59に対して相対的に前進又は後退し、半球突起62と光軸AXとの間の距離が変化し、ピエゾ素子65の外端面の初期位置が変化する。これに伴ってピエゾハウジング54及び変位部70の初期位置も変化する。このようにして粗動ネジ60は変位部70と光軸AXとの距離を粗調整する。

[0062] 図6に示すように、フランジ56はピエゾハウジング54の周囲に設けられた環状の連

結部である。変位部70の駆動部74はフランジ56に対応して環状である。ピエゾ素子65の駆動力はフランジ56と駆動部74によって変位部70に均等にかつ作用線ALに沿って伝達される。変位部70の直線運動を妨げる力は発生することなく、効率的に駆動力が変位部70に伝達される。

[0063] ピエゾハウジング54に収容されたピエゾ素子65は、円錐凹部67において粗動ネジ60の半球突起62によって固定されている。ピエゾ素子65の発生した駆動力は円錐凹部66と半球突起57を介してピエゾハウジング54に伝達され、フランジ56を介して変位部70に伝達される。半球突起57がフランジ56よりも光軸AXに近い位置に配置され、ピエゾ素子65の外端面がアウトリング44の側壁部44aよりも外側に配置される。本実施形態では、アウトリング44と変位部70との間の狭い領域にピエゾ素子無理して配置する必要はなく、ピエゾ素子65は比較的大きなスペースに配置することができる。したがって、大型のピエゾ素子65を用いることができる。ピエゾ素子65は長いほど伸縮のストロークは大きい。そのため、一般にピエゾ素子は伸縮のストロークの小さな駆動素子であるが、枠部材41自体を大きくすることなく、光学素子37を大きく変位させることができる。また、ピエゾ素子65のような駆動素子を枠部材41内に収容するために、鏡筒を大型にする必要もない。

[0064] 本実施形態の構成によれば、パージ空間に連通する枠部材41の内部空間には、アクチュエータ、電子回路及びケーブルのようなアウトガス(化学汚染物質)放出源は配置されない。ピエゾハウジング54(及びセンサヘッド47)が枠部材41の内部空間を外部から隔離している。ピエゾ素子65が枠部材41の内部空間に配置されていないから、パージ雰囲気を乱すことなく容易にピエゾ素子65を交換することもできる。ピエゾ素子65のサイズに応じた押えブロック58及びピエゾキャップ59を使用することで、様々なサイズのピエゾ素子65を使用することができる。この場合でも、パージ雰囲気を乱すことなくピエゾ素子65のサイズを変更することができる。

[0065] 図6に示すように、振動減衰機構として機能する摩擦機構80が変位部70の上下両面を挟むように配置されている。摩擦機構80は、アウトリング44の平板部44bに固定された摩擦ハウス81を含む。摩擦ハウス81は、変位部70に対面する凹部を有する。その凹部には圧縮されたコイルバネ(摩擦バネ)82が収容される。摩擦バネ82の先

端には、擦動板83が配置される。擦動板83は、一端が摩擦ハウス81に固定され、他端が自由端である板バネ状部材である。摩擦バネ82は擦動板83の自由端を変位部70に向けて強く付勢する。これにより、ピエゾ駆動部46の駆動力によって変位部70が移動しようとしたときに、この移動を低減するように摩擦力が働く。この摩擦力は、変位部70の移動を制止するには至らないが、変位部70の急激な移動を抑制するに足りる程度の大きさである。摩擦機構80は変位部70の上下両面を挟むように変位部70を押えるので、露光に影響する振動の発生が抑制される。

[0066] 摩擦機構80は変位部70に対して摩擦力を作用させる。すなわち、ピエゾ素子65の伸縮のストロークが伝達リンク部72により拡大される前の段階で、ピエゾ駆動部46の駆動に起因した振動は抑制される。そのため、振動を低減するための力やストレスは伝達リンク部72やインナリング43に対して直接に作用しない。また、変位部70を変位させるトルクは比較的大きいため、摩擦機構80の摩擦力によって変位部70の変位が止まることはない。もし、振動減衰用の摩擦力を伝達リンク部72やインナリング43に対して直接に作用させた場合には、伝達リンク部72やインナリング43の変位自体が止まるおそれがある。

[0067] 次に、図7及び8を参照して光学素子37の姿勢制御を説明する。図7, 8は保持装置38を模式的に示す。

[0068] 3つの変位部70が 120° の等間隔でアウトリング44に配置される。ピエゾ駆動部46は図示されていない。各変位部70の両側に平行リンク部71が配置されている。各変位部70は伝達リンク部72を示す1組のプッシュロッドによってインナリング43に連結されている。1組のプッシュロッドの間の間隔はインナリング43に近づくに連れて拡大している。各プッシュロッドは水平面に対して上向きに傾いている。変位部70、平行リンク部71及び伝達リンク部72は3つの変位リンク部U1, U2, U3を構成している。

[0069] 図8はインナリング43と変位部70と伝達リンク部72のみを模式的に示している。

[0070] 1組のプッシュロッドは光軸AXを含む面に対して互いに対称である。変位部70を図8のように半径方向に沿って動かすことによりインナリング43が駆動される。変位部70の変位量とインナリング43の姿勢変化との定量的な関係を説明する。

- [0071] 用語の定義について説明する。図8に示すように、各変位リンク部U1, U2, U3の1組のプッシュロッドの延長線の交点を仮想ピボットVと呼ぶ。3つの仮想ピボットVによって定義される平面をピボタル平面と呼ぶ。変位部70が変位していない状態にあるときのピボタル平面は光軸AXに垂直である。3つの仮想ピボットVを通る円の中心を観測点Cと呼ぶ。観測点Cがピボタル平面上にあることは明らかである。変位部70が変位していない状態にあるときの観測点Cは光軸AX上にある。
- [0072] 直交座標系の定義を説明する。変位部70が変位していない状態にあるときの観測点Cを原点とする。図8のように、原点と第1変位リンク部U1の仮想ピボットVとを結ぶ線をX軸、X軸から光軸AXの周りで反時計方向に90°の角度にある軸をY軸、X軸及びY軸と垂直な軸すなわち光軸AXをZ軸とする。変位リンク部U1, U2, U3の区別が必要な場合には、例えば、伝達リンク部72U1〜72U3、変位部70U1〜U3、及び仮想ピボットVPU1〜U3のように、部材番号にU1〜U3を付して説明する。
- [0073] 次に、変位部70の変位に伴うインナリング43の姿勢変化に関する定量値を定義する。インナリング43の姿勢が変化すると、観測点Cが変位する。観測点CのX、Y、Z軸に沿った変位量をそれぞれdx, dy, dzと表す。光学系の微調整のためのインナリング43の姿勢変化は極めて微少である。従って、インナリング43の姿勢変化は、X軸、Y軸、Z軸周りの回転量 $d\theta_x$, $d\theta_y$, $d\theta_z$ の成分に線形的に分解して考えて差し支えない。正の符号は座標軸の正の向きに対して右ネジの法則に従う。
- [0074] インナリング43の姿勢を決める6つの変位量dx, dy, dz, $d\theta_x$, $d\theta_y$, $d\theta_z$ のうち、構造上明らかにdx, dy, $d\theta_z$ は0である。つまり、インナリング43はx方向とY方向、即ち水平方向にシフトすることではなく、変位部70はラジアル方向（作用線ALの方向）にのみ変位可能であり、Z軸周りで回転することはない。
- [0075] 以上より、インナリング43の姿勢変化 ΔI は次式で表すことができる。
- $$\Delta I = (dz \ d\theta_x \ d\theta_y)^T$$
- [0076] 本実施形態では、インナリング43の姿勢を変化させる変位部70の変位は作用線ALに沿った直線移動であり、移動の自由度は1である。そのため、3つの変位部70U1〜U3の変位量をそれぞれ δ_1 , δ_2 , δ_3 と定める。
- [0077] 変位部70U1〜U3の変位量をまとめて入力変位 Δp と表すことができる。 $\Delta p = ($

$$\delta 1, \delta 2, \delta 3)^T$$

[0078] 入力変位 Δp に対して姿勢変化 ΔI が直線的にすなわち 1:1 で対応するため、この関係は、変換行列 A (3行×3列) を用いて次式の 1 次変換と考えることができる。

$$\Delta I = A \Delta p$$

本実施形態に限らず、変換行列 A は幾何学的考察により容易に定式化が可能であり、一般に逆行列が存在する。

[0079] つまり、

$$\Delta p = A^{-1} \Delta I$$

である。このことは、光学調整の観点から求まる所望の光学素子の姿勢変化 ΔI を達成するための調整量 (入力変位 Δp) が簡単な計算により求まることを意味する。

[0080] 以下に本実施形態の変換行列 A を示す。

$$A = (a \quad Ra \quad R^2a)$$

$$a = (1/3 \tan \theta \quad 0 \quad 2/3 r \tan \theta)^T$$

ただし、 R : Z 軸周りの 120° の回転行列である。

[0081] 本実施形態における変換行列 A を示す。 θ や r を適当に定めることにより、調整精度、分解能、可動範囲を最適化することが可能である。このようにして、変位部 70 の駆動が伝達リンク部 72 を介してインナリング 43 の姿勢を変化させることができる。

尚、上記した各機構は枠部材 41 に内包されている。

[0082] 図 7 に模式的に示すように、アウトリング 44 において、3 つの変位部 70 は 3 つの平行リンク部 71 とそれぞれ連結されている。各変位部 70 は関連する平行リンク部 71 によって精密に案内され、アウトリング 44 の半径方向に直線的に変位する。変位部 70 の変位は伝達リンク部 72 によってインナリング 43 に伝達されて、インナリング 43 の姿勢を変化させる。このようにしてインナリング 43 は第 1 変位リンク部 $U1$ 〜 第 3 変位リンク部 $U3$ によりキネマティックに支持されている。各変位部 70 を何らかの手法で変位させて、インナリング 43 の姿勢を変更させるのが本実施形態の仕組みである。

[0083] 図 9 及び 10 を参照して変位検出機構について説明する。枠部材 41 には、3 つのセンサヘッド 47 と、3 つの検出器 85 とが設けられている。センサヘッド 47 はアウトリング 44 に設けられ、検出器 85 はインナリング 43 に設けられる。各検出器 85 はインナリン

グ43と共に変位するスケール86を含む。

- [0084] スケール86は、センサヘッド47の近傍のインナリング43に取り付けられる。図10に示すように、スケール86はセンサヘッド47に対面する平板を含む。この平板には、インクリメンタルリニアエンコーダを構成するための目盛りとなる格子と、原点を示す原点格子が表示される。光学式のセンサヘッド47がこの目盛りを読みとり、インナリング43の変位すなわち光学素子37の変位を検出する。
- [0085] センサヘッド47は、アウトリング44の開口部にOリング87を介して気密に取り付けられる。センサヘッド47は、スケール86の目盛りを読取る図示しない対物レンズと、読み取りに応じた検出信号を生成する図示しない光学的センサ部とを含む。対物レンズは鏡筒39内のパージ雰囲気に影響を与えないように気密に構成されている。一実施形態では、光学的センサ部は検出信号を外部の制御装置に供給する。制御装置は、受信した検出信号に従ってカウントをインクリメントして変位量を演算する。センサヘッド47は、先端のレンズ部分を除き、電子回路やセンサ本体、ケーブルはパージ空間に露出しない。パージ空間内にアウトガス放出源は配置されないので、パージ雰囲気に悪影響を及ぼすことがない。
- [0086] インナリング43においてスケール86の近傍に基準面88が設けられる。基準面88と対面した枠部材41側にデータムハウス89が設けられる。データムハウス89には、スタッドボルト90と、スタッドボルト90の頭部に取り付けられた球面データム91とが配置される。球面データム91はインナリング43に対面する球面を含む。球面データム91とスタッドボルト90によって、インナリング43の基準位置が規定される。即ち、インナリング43は最も下方の基準位置にあるときに球面データム91と当接する。もし、インナリング43が球面データム91に当接しない場合には、原則的に隣接するピエゾ駆動部46の粗動ネジ60をゆるめて変位部70を光軸AXから遠ざかる方向に変位させてインナリング43を下降させる。一方、インナリング43が球面データム91に当接した状態で、ピエゾ素子65の両端の円錐凹部66、67と、ピエゾハウジング54の半球突起57、若しくは粗動ネジ60の半球突起62との間に遊びが生じる場合がある。この場合には、原則的に隣接するピエゾ駆動部46の粗動ネジ60を、インナリング43が球面データム91と離れない程度まで締めて、変位部70を光軸AXに近づく方向に変位させ

る。

[0087] 図1に示す露光装置31は、保持装置38を備えた鏡筒モジュール39aによって構成された鏡筒39を含む。露光装置31は例えば次のように製造される。

[0088] まず、照明光学系33、投影光学系35を構成するレンズやミラー等の複数の光学素子37のうちの少なくとも一つを保持装置38で保持する。照明光学系33及び投影光学系35を露光装置31の本体に組み込み、光学調整を行う。ピエゾ駆動部46及びセンサヘッド47に検出信号及び駆動信号のためのケーブルを接続する。これらのケーブルによって、ピエゾ駆動部46及びセンサヘッド47は、コンピュータ制御された周知の制御装置に接続される。制御装置は、センサヘッド47から供給された検出信号に基づいて光学素子37の変位を算出する。制御装置は、算出した変位と前述の計算式に従って駆動信号を生成し、駆動信号をピエゾ駆動部46に供給する。ピエゾ駆動部46の駆動に伴って光学素子37の姿勢が変化する。

[0089] 次いで、多数の機械部品からなるウエハステージ36を露光装置31の本体に取り付けて配線を接続する。スキャンタイプの露光装置の場合は、レチクルステージ34も取り付けられる。そして、露光光の光路内にガスを供給するガス供給配管を接続し、鏡筒内のパージを行う。例えば、鏡筒内の O_2 及び水分を徹底的に排除した後に、鏡筒内に N_2 を充填する。配線と配管の接続後、総合調整(電気調整、動作確認など)を行う。

[0090] 保持装置38を構成する各部品やOリング等のシール部材については、アウトガス放出源にならないように、超音波洗浄などにより加工油や金属物質などの不純物が除去された後で組み上げられるのが好ましい。また、露光装置31の製造は、温度、湿度、気圧、及びクリーン度が制御されたクリーンルーム内で行うことが望ましい。

[0091] 好ましい実施形態では、光学素子37の硝材として、蛍石、石英などを例にあげたが、例えば、フッ化リチウム、フッ化マグネシウム、フッ化ストロンチウム、リチウム-カルシウム-アルミニウム-フロオライド、及びリチウム-ストロンチウム-アルミニウム-フロオライド等の結晶等が挙げられる。また、ジルコニウム-バリウム-ランタン-アルミニウムからなるフッ化ガラスや、フッ素がドーパされた石英ガラス、フッ素と水素がドーパされた石英ガラス、OH基を含有する石英ガラス、フッ素とOH基を含有する石英ガラス等の

改良石英を使用することができる。

[0092] 次に、露光装置31をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法を説明する。

図11は、ICやLSI等の半導体素子、液晶表示素子、撮像素子(CCD等)、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等のデバイスの製造工程のフローチャートである。まず、ステップS201(設計ステップ)では、デバイス(マイクロデバイス)の機能・性能設計(例えば、半導体デバイスの回路設計等)と、その機能を実現するためのパターン設計が行われる。ステップS202(マスク製作ステップ)では、設計された回路パターンを形成したマスク(レチクルRt等)を製作する。ステップS203(基板製造ステップ)では、シリコン、ガラスプレート等の材料を用いて基板を製造する。基板は例えばシリコンウエハWである。

[0093] ステップS204(基板処理ステップ)では、マスクと基板を使用して、リソグラフィ技術等によって基板上に実際の回路を形成する。ステップS205(デバイス組立ステップ)では、ステップS204で処理された基板を用いてデバイスを組立てる。ステップS205は、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程(チップ封入等)等を含みえる。

[0094] ステップS206(検査ステップ)では、デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。このようにして、デバイスが完成し、出荷される。

[0095] 図12はステップS204の詳細なフローチャートである。半導体デバイスの製造の場合、ステップS211(酸化ステップ)では、ウエハWの表面を酸化する。ステップS212(CVDステップ)では、ウエハW表面に絶縁膜を形成する。ステップS213(電極形成ステップ)では、ウエハW上に電極を蒸着によって形成する。ステップS214(イオン打込みステップ)では、ウエハWにイオンを打ち込む。以上のステップS211〜S214のそれぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

[0096] ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。後処理工程では、まず、ステップS215(レジスト形成ステップ)において、ウエハWに感光剤を塗布する。引き続き、ステップS216(露光ステップ)において、先に説明したリソグラフィシステム(露光装置31)によってマスク(レ

チクルRt)の回路パターンをウエハW上に転写する。次に、ステップS217(現像ステップ)では露光されたウエハWを現像し、ステップS218(エッチングステップ)において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップS219(レジスト除去ステップ)において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

[0097] 前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハW上に多重に回路パターンが形成される。

[0098] 本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程(ステップS216)において上記の露光装置31が用いられ、真空紫外域の露光光ELにより解像力の向上が可能となり、しかも露光量制御を高精度に行うことができる。従って、結果的に最小線幅が $0.1\mu\text{m}$ の高集積度のデバイスを歩留まりよく生産することができる。

[0099] 本実施形態では以下の利点が得られる。

(1)ピエゾ駆動部46とセンサヘッド47が枠部材41に取り付けられるが、アウトリング44がパージ空間を外部から気密に遮断する。また、パージ空間に連通している枠部材41の内部空間には、センサ、アクチュエータ、ケーブルなどのアウトガス放出源が配置されない。そのため、 F_2 レーザを光源に用いても、パージ雰囲気乱すことなく光学素子37の調整を行うことができる。

[0100] (2)本実施形態では、枠部材41に取り付けられたピエゾ素子65の駆動力が、変位部70、伝達リンク部72によりインナリング43に伝達されるため、駆動源を枠部材41の外部に配置でき、枠部材41内部の構成を簡易にすることができる。

[0101] (3)変位部70は光軸AXに垂直な平面内で光軸AXに向かって変位し、ピエゾ駆動部46は枠部材41の厚さ内に收容される。従って、保持装置38はコンパクトである。駆動力が光軸AXに垂直な平面と平行に働くため、枠部材41は歪まず、保持装置38の平面性が保持され、高いシール性能が維持される。また、この構造は光学素子37の姿勢制御の計算をシンプルにするため、姿勢制御の精度及び信頼性は高い。

[0102] (4)インナリング43が3組のプッシュロッドによりキネマティックに保持されるため、光学素子37はストレスを受けることなく、制御された姿勢に精密に保持される。

[0103] (5)ピエゾ素子65は、枠部材41に設けられたピエゾハウジング54に收容されてい

るため、枠部材41の外部から交換可能である。

- [0104] (6)ピエゾ素子65は駆動電圧に応答して迅速に、強く、正確な量で変位する。従って、光学素子37の姿勢を迅速に正確に調整できる。
- [0105] (7)ピエゾハウジング54と伝達リンク部72によってピエゾ素子65の伸縮量が拡大されるので、一般には伸縮量の小さいピエゾ素子65を用いて光学素子37の姿勢と位置を調整することができる。
- [0106] (8)ピエゾ素子65の駆動は制御装置によって制御されるので、光学素子37の光軸方向の位置や姿勢を自動で調整できる。また、粗動ネジ60を保持装置38の外部から手動で操作できるので、ピエゾ素子65の位置調整は容易である。
- [0107] (9)スケール86の目盛りを自動で検出するセンサヘッド47を制御措置と組み合わせることで、光学素子37の自動調節のフィードバックを行うこともできる。検出器85は、球面データム91を基準にすることで正確に枠部材41に対する位置を調整することができる。これにより、変位の検出の精度は向上する。
- [0108] (10)駆動力を受けていない時には、変位部70はリターンスプリング76によって初期位置に戻る。この際、伝達リンク部72やインナリング43に無用のストレスは作用しない。
- [0109] (11)簡易な構成の摩擦機構80は、伝達リンク部72やインナリング43に無用のストレスを与えることなく、駆動時の振動を減衰できる。摩擦バネ82の強度により摩擦力は調整可能である。
- [0110] (12)アウトリング44、インナリング43、変位部70、平行リンク部71、伝達リンク部72は、彫り込み加工などにより一つの金属構造体に形成される。各部の相対位置は正確で、無用の応力は生じないので、光学素子37の姿勢制御の線形性は高い。
- [0111] (13)締結部40に設けられた環状溝40bにより、鏡筒モジュール39aを他の鏡筒モジュール39aと組み合わせることで、高い気密性を有する鏡筒39が得られる。
- [0112] (14)気密性の高い鏡筒39を有する露光装置31には、鏡筒内部の高度なパージ雰囲気を維持するためのカバーは不要である。従って、光学素子37と制御装置を用い、センサヘッド47からの信号をフィードバックすることで、ピエゾ駆動部46は光学素子37の位置や姿勢を高度なパージ雰囲気を維持したまま調整することができる。

- [0113] (15)露光装置31を用いることで、高度なパージ雰囲気を維持して、 F_2 レーザによる高精度の半導体デバイスの製造を高い歩留まりで行うことができる。
- [0114] 好ましい実施形態は以下のように変更してもよい。
- 駆動素子は、ピエゾ素子に限らず、ソレノイド、油圧アクチュエータ、リニアモータ等の他の駆動素子でもよい。
- [0115] ピエゾ素子65の伸縮のストロークを拡大する代わりに、アクチュエータや光学素子37等の構成によっては、駆動素子の駆動量を小さくする構成であってもよい。
- [0116] 変位部70は光軸AXに垂直な面内で変位するが、変位部70の変位は光軸AXと交差する他の方向であってもよい。
- 複数の変位部70及び伝達リンク部72は等角度間隔で配置されなくてもよい。
- 剛性を高める必要があれば伝達リンク部を4ヶ所以上設けてもよい。
- [0117] また、変位部70にいずれも外部から駆動力を加えられていない状態で、伝達リンク部72は、ピボット平面において交差するように構成されていたが、必ずしもこのような構成にしなくてもよい。
- [0118] また、伝達リンク部72が、作用線ALに対して対称に設けられていたが、これらは対称でない構成も採りうる。
- 伝達リンク部72の長さや角度も等しくないような構成でもよい。
- [0119] その他、好ましい実施形態のように厳密にキネマティックな支持を行うことは望ましいが、実施に差し支えない範囲では、完全にキネマティックな支持でなくてもよい。
- [0120] 好ましい実施形態では、6自由度のうちの3自由度を拘束した変則的なキネマティックな構成であるが、駆動力が光学素子37の光軸AXと交差する方向に加えられる構成であれば、さらに自由度を高めたキネマティック支持を行うような構成を採用してもよい。
- [0121] 好ましい実施形態では案内部として、平行リンク部71を例示したが、案内部は、内部又は外部から規制するように摺動させるものなど、その手段は問わない。
- [0122] 好ましい実施形態では、センサヘッド47は、枠部材41内のスケール86を気密状態のレンズを通して読み取るが、アウトリング44に気密の監視用窓を設けてもよい。変位の検出はスケールの光学的読取に限らず、磁気的な読取等、種々な検出方法を

採用してもよい。

[0123] 露光装置として、投影光学系を用いることなく、マスクと基板とを密接させてマスクのパターンを露光するコンタクト露光装置、マスクと基板とを近接させてマスクのパターンを露光するプロキシミティ露光装置の光学系にも適用することができる。また、投影光学系としては、全屈折タイプに限らず、反射屈折タイプであってもよい。

[0124] 本発明の露光装置は、縮小露光型の露光装置に限定されるものではなく、例えば等倍露光型、拡大露光型の露光装置であってもよい。

本発明は、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクルまたはマスクを製造するために、マザーレチクルからガラス基板やシリコンウエハなどへ回路パターンを転写する露光装置にも適用できる。DUV(深紫外)やVUV(真空紫外)光などを用いる露光装置には一般に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては、石英ガラス、フッ素がドーパされた石英ガラス、蛍石、フッ化マグネシウム、または水晶などが用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置や電子線露光装置などでは、透過型マスク(ステンシルマスク、メンバレンマスク)が用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハなどが用いられる。

[0125] 本発明は、半導体素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、液晶表示素子(LCD)などのディスプレイの製造において、デバイスパターンをガラスプレート上へ転写する露光装置にも適用することができる。また、本発明は、薄膜磁気ヘッド等の製造において、デバイスパターンをセラミック等のウエハへ転写する露光装置、及びCCD等の撮像素子の製造に用いられる露光装置などにも適用することができる。

[0126] 本発明は、マスクと基板とが相対移動した状態でマスクのパターンを基板へ転写し、基板を順次ステップ移動させるスキヤニング・ステッパに適用することができる。また、本発明は、マスクと基板とが静止した状態でマスクのパターンを基板へ転写し、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式のステッパにも適用することができる。

[0127] また、露光装置の光源としては、F₂レーザ(157nm)に限定されず、ArFエキシマレーザ(193nm)、g線(436nm)、i線(365nm)、KrFエキシマレーザ(248nm)、Kr₂

レーザ(146nm)、Ar₂レーザ(126nm)等を用いてもよい。DFB半導体レーザまたはファイバレーザから発振される赤外域、または可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム(またはエルビウムとイッテルビウムの双方)がドーピングされたファイバアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いてもよい。

請求の範囲

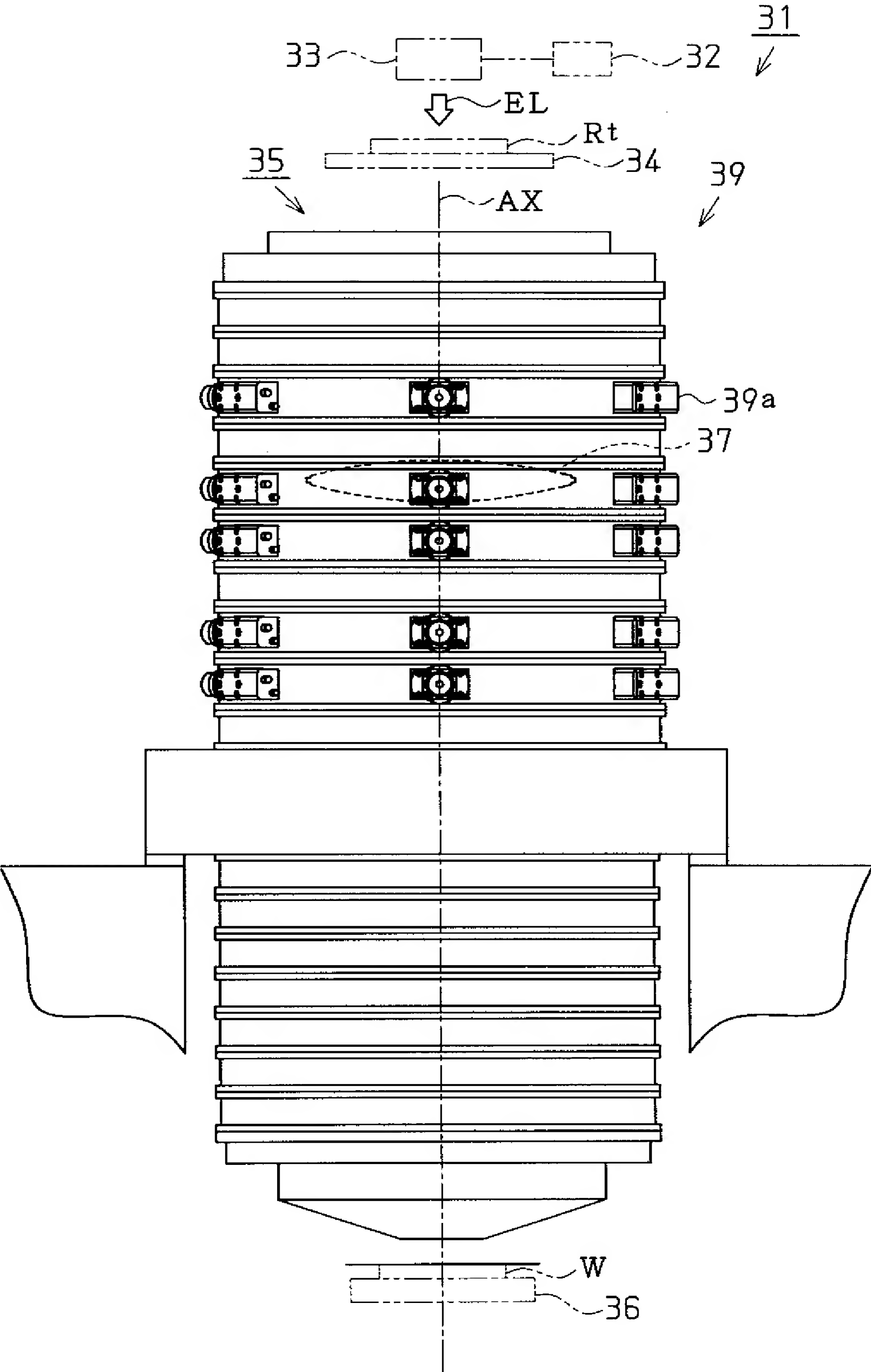
- [1] 光学素子を保持する光学素子保持装置であって、
 枠部材と、
 前記枠部材の内部に配置され、前記光学素子を保持する保持部材と、
 前記枠部材の外部からの駆動力により前記光学素子の光軸と交差する方向に変位する変位部と、
 前記変位部の変位を前記保持部材に伝達する伝達部であって、前記保持部材を前記光学素子の光軸とほぼ平行な方向に変位させる前記伝達部とを備える光学素子保持装置。
- [2] 前記変位部は前記光学素子の光軸に垂直な面内で変位する請求項1に記載の光学素子保持装置。
- [3] 前記枠部材に取り付けられ、前記駆動力を生成する駆動部材を更に備え、前記駆動部材は、前記光学素子の光軸と交差する方向に前記変位部を付勢する請求項1又は2に記載の光学素子保持装置。
- [4] 前記枠部材に取り付けられ、前記駆動力を生成する駆動部材を更に備え、前記枠部材は中心を有する環状であり、前記駆動部材は、前記枠部材の前記中心に向けて前記変位部を付勢する請求項1又は2に記載の光学素子保持装置。
- [5] 前記駆動部材は、駆動素子と、前記変位部に連結され、前記駆動素子を収容するハウジングとを含む請求項3又は4に記載の光学素子保持装置。
- [6] 前記ハウジングは、前記駆動素子の発生した駆動力を前記変位部に伝達する連結部を有する請求項5に記載の光学素子保持装置。
- [7] 前記駆動部材は、前記保持部材の位置の粗調整を行う粗調整機構と、前記保持部材の位置の微調整を行う微動機構とを含む請求項3乃至6のいずれか1項に記載の光学素子保持装置。
- [8] 前記微動機構はピエゾ素子を含む請求項7に記載の光学素子保持装置。
- [9] 前記変位部が規制された方向に変位するように前記変位部を案内する案内部を更に備える請求項1乃至8のいずれか1項に記載の光学素子保持装置。
- [10] 前記変位部と前記枠部材との間に設けられ、前記変位部を前記枠部材に向けて付

勢する付勢部材を更に備える請求項1乃至9のいずれか1項に記載の光学素子保持装置。

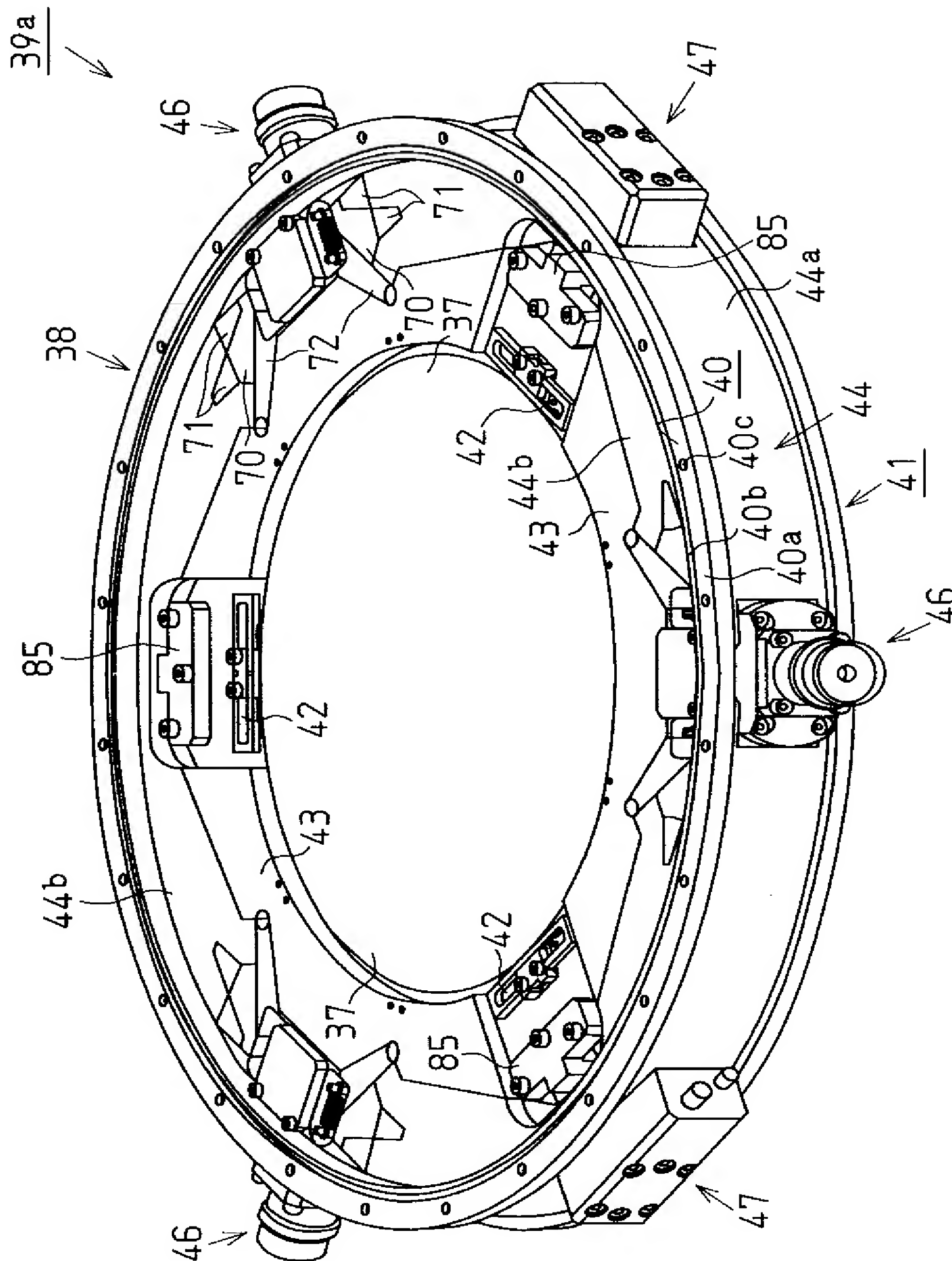
- [11] 前記伝達部は、前記保持部材に対して任意の方向に傾動及び回動可能に連結された一端と、前記変位部に任意の方向に傾動及び回動可能に連結される他端とを有するロッドであり、前記ロッドの一端と他端とを結ぶ軸線は前記変位部の変位方向に対して傾いている請求項1乃至10のいずれか1項に記載の光学素子保持装置。
- [12] 前記変位部は前記枠部材に設けられた3つの変位部のうちの一つであり、前記伝達部は各変位部に対応付けられた3つの伝達部のうちの一つであり、各伝達部は、各々が対応する変位部に連結された2つの前記ロッドを含む請求項11に記載の光学素子保持装置。
- [13] 前記枠部材と前記変位部との間に設けられ、前記駆動力に起因する前記変位部の振動を減衰する振動減衰機構を更に備える請求項1乃至12のいずれか1項に記載の光学素子保持装置。
- [14] 前記振動減衰機構は、前記枠部材及び前記変位部の一方に固定されて、他方に摺接する摩擦部材を含む請求項13に記載の光学素子保持装置。
- [15] 前記枠部材と前記変位部と前記案内部と前記伝達部のうち少なくとも2つが1つの構造体に一体成形されている請求項9乃至14のいずれか一項に記載の光学素子保持装置。
- [16] 前記1つの構造体は、彫り込み加工により形成されて、前記枠部材と前記変位部と前記案内部と前記伝達部のうちの前記少なくとも2つを相互に接続する接続部を含む請求項15に記載の光学素子保持装置。
- [17] 前記接続部は、前記枠部材と前記案内部、前記変位部と前記案内部、前記変位部と前記伝達部、及び前記伝達部と前記保持部材とを相対移動可能に接続する複数の接続部である請求項16に記載の光学素子保持装置。
- [18] 前記枠部材の内部に設けられて、前記保持部材の変位を検出する検出器と、前記枠部材の外部に設けられて、前記検出器の検出結果を前記枠部材の外部から監視する監視部とを含む変位検出機構を更に備える請求項1乃至17のいずれか1項に記載の光学素子保持装置。

- [19] 前記検出器は検出結果を表示し、前記監視部は前記枠部材の気密状態を維持しつつ前記検出結果を読取る請求項18に記載の光学素子保持装置。
- [20] 前記枠部材の内部空間を前記枠部材の外部から遮断し、前記枠部材の内部空間を密封するシールを更に備える請求項1乃至19のいずれか1項に記載の光学素子保持装置。
- [21] 光学素子と、前記光学素子を保持する請求項1乃至20のいずれか1項に記載の保持装置を備える鏡筒。
- [22] 前記光学素子は、マスク上に形成された所定のパターンの像を基板上に投影する投影光学系を構成する複数の光学素子の1つである請求項21に記載の鏡筒。
- [23] 所定のパターンの像を基板上に露光する露光装置において、
前記所定のパターンの像の形成されたマスクと、
前記像を前記基板上に転写する、請求項22に記載の鏡筒とを備える露光装置。
- [24] 請求項23に記載の露光装置を用いた露光を含むリソグラフィ工程を備えるデバイスの製造方法。

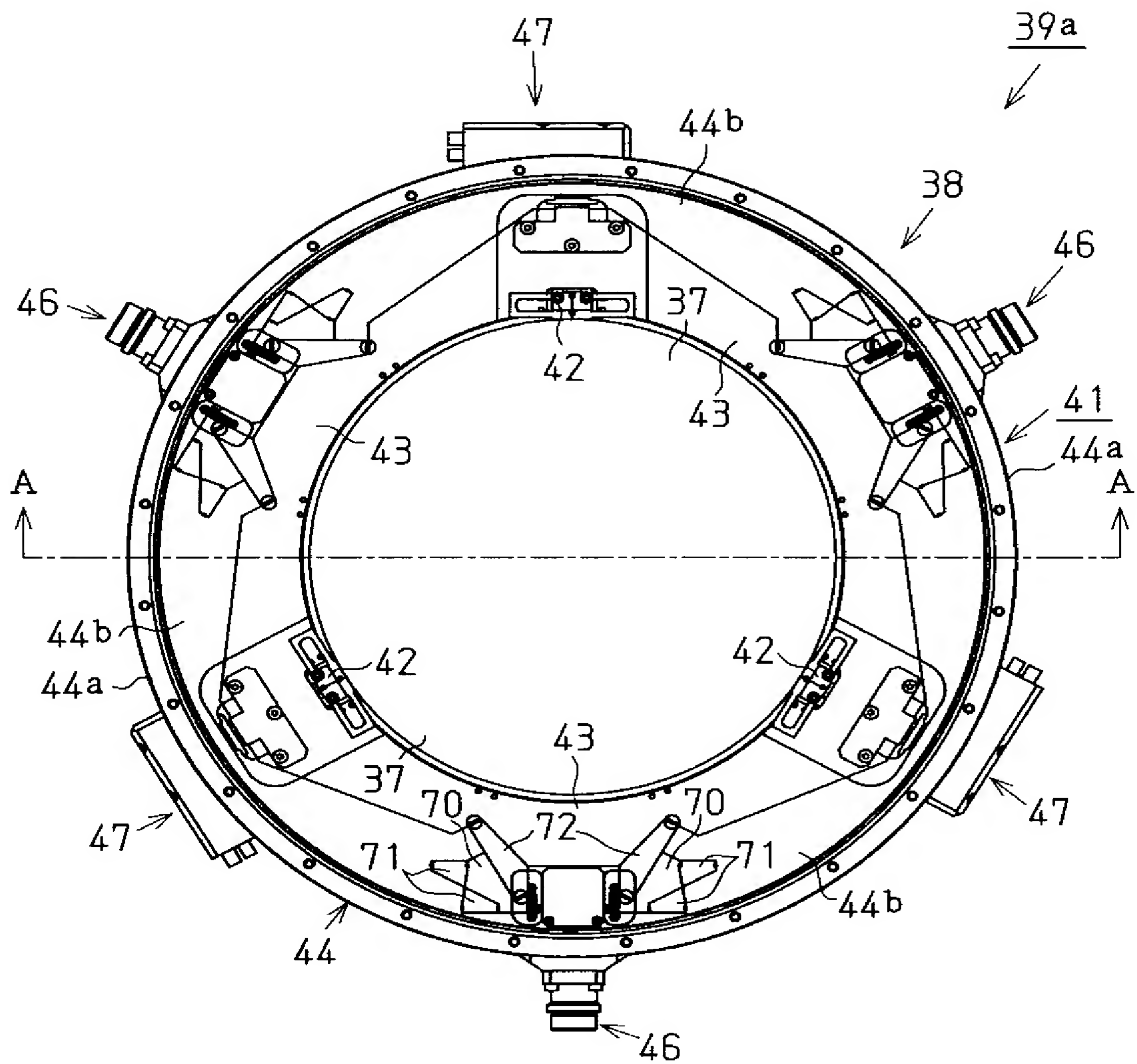
[図1]



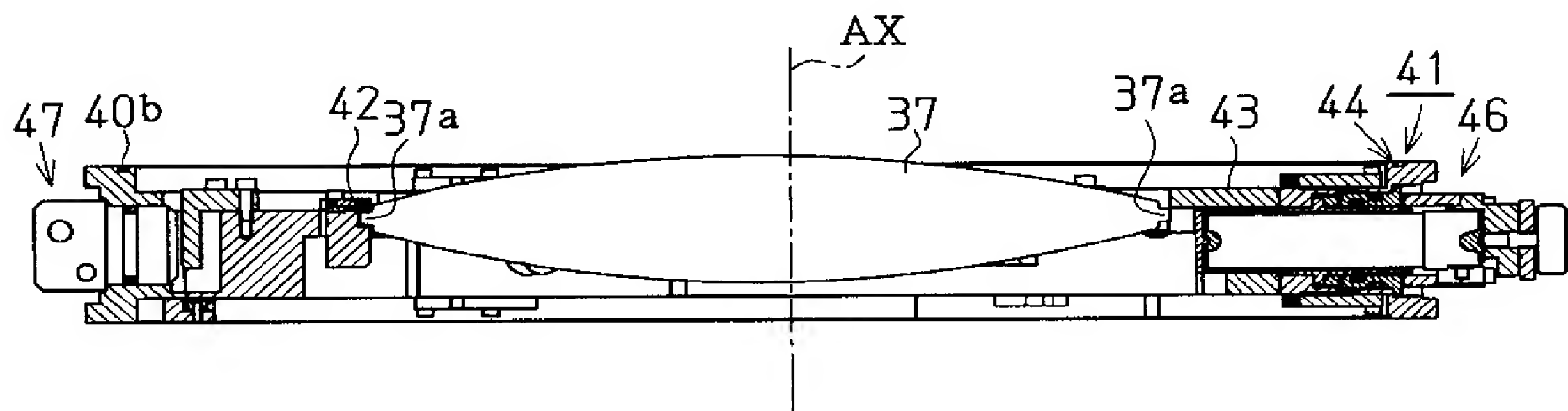
[図2]



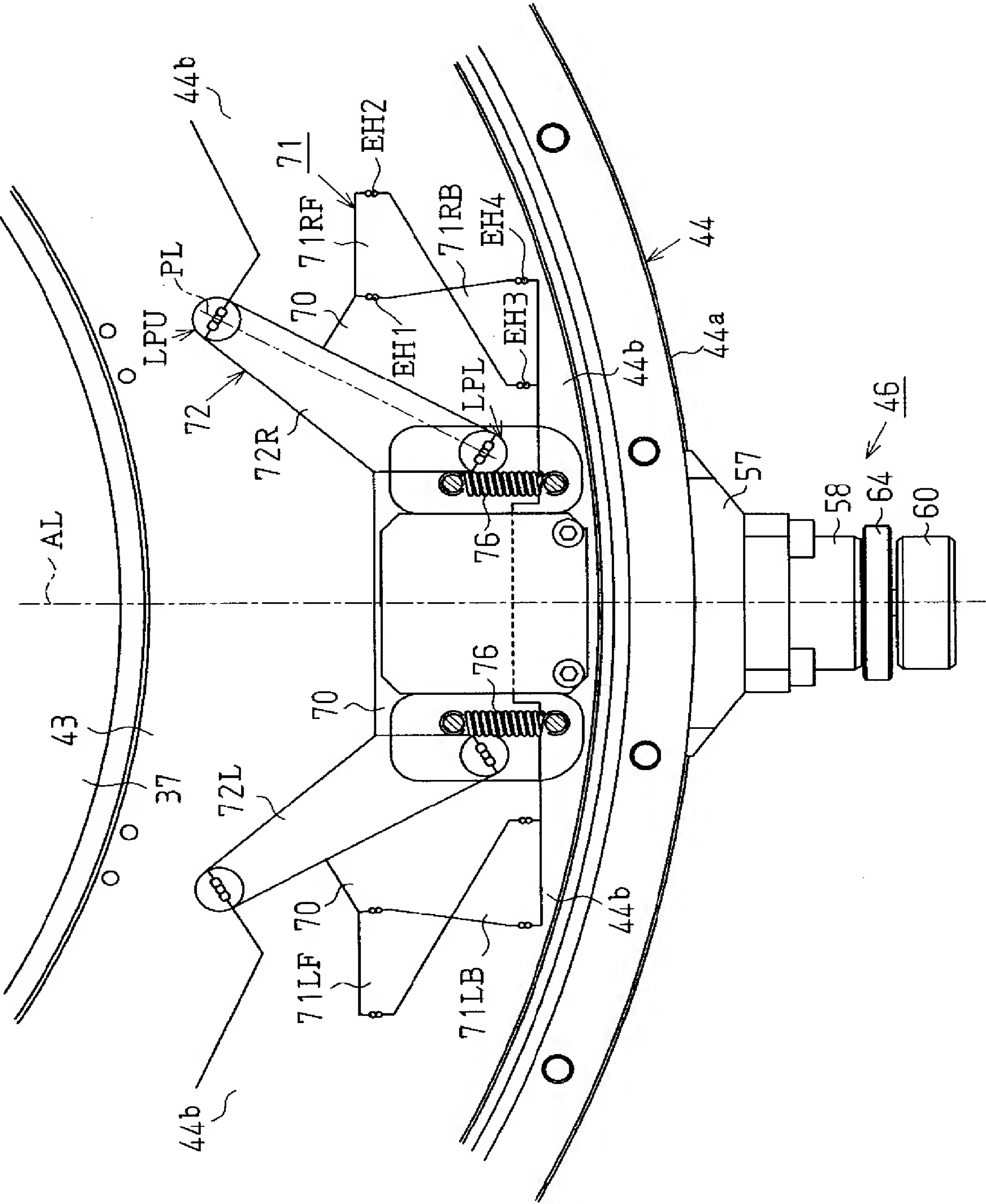
[図3]



[図4]

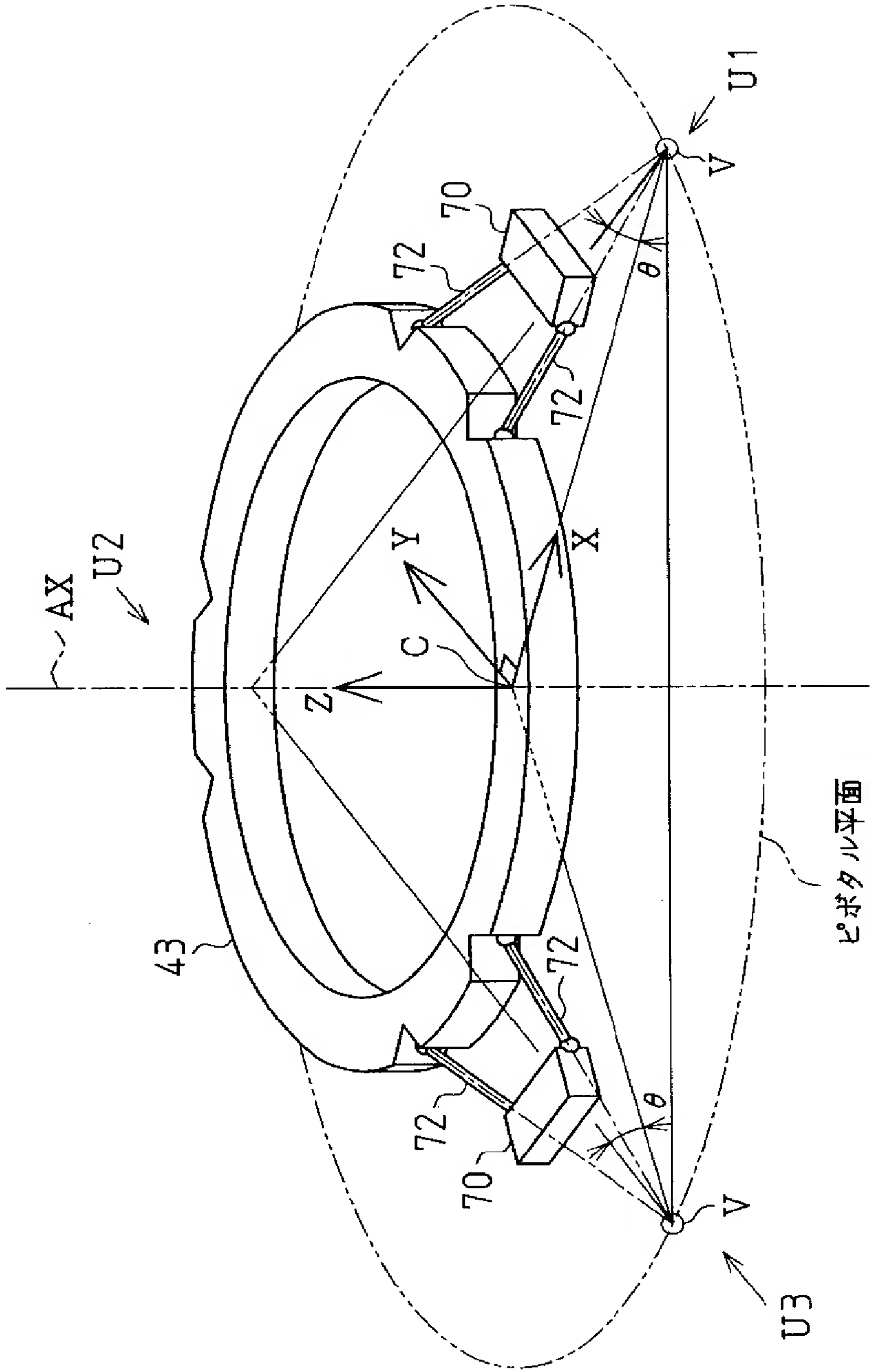


[図5]

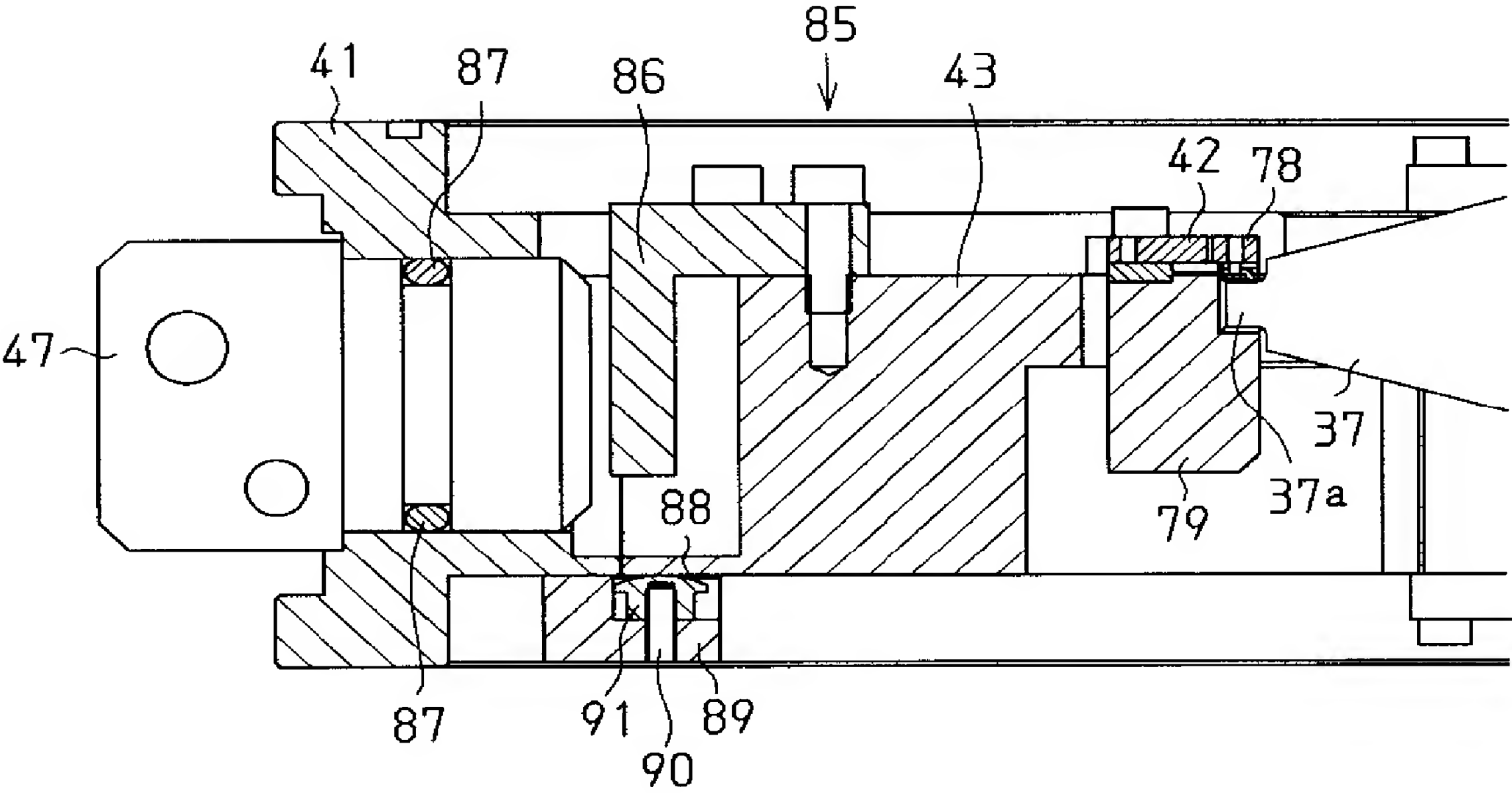


[illegible]

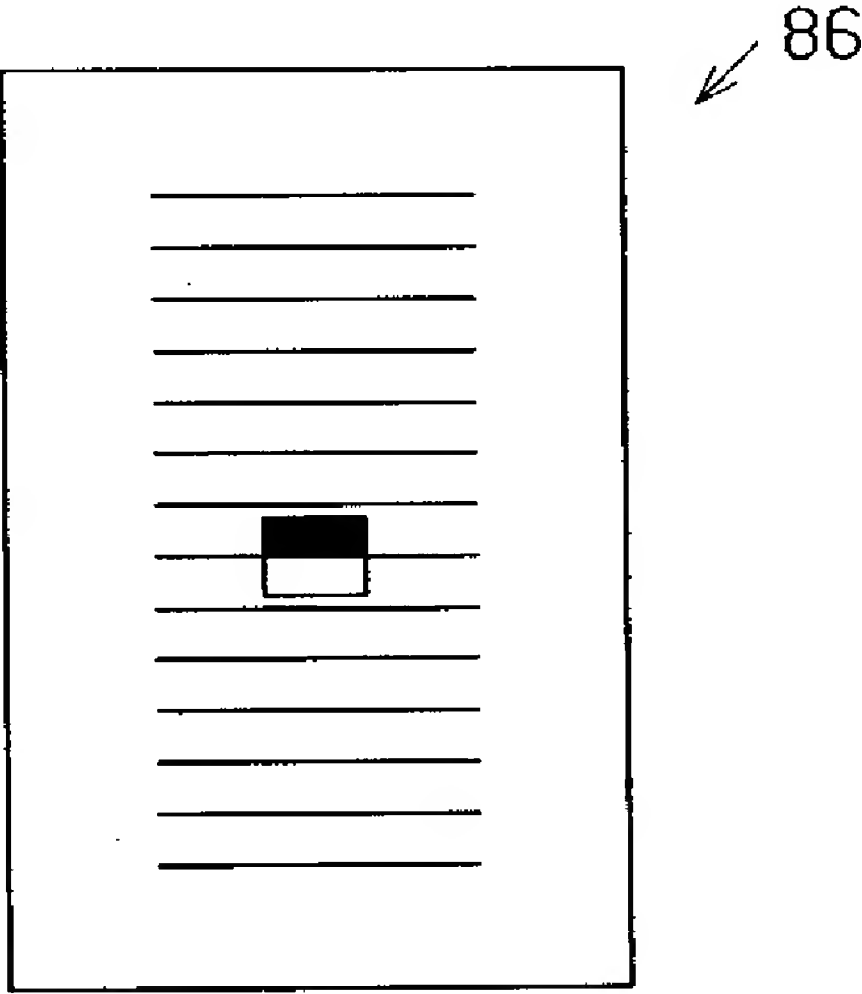
[図8]



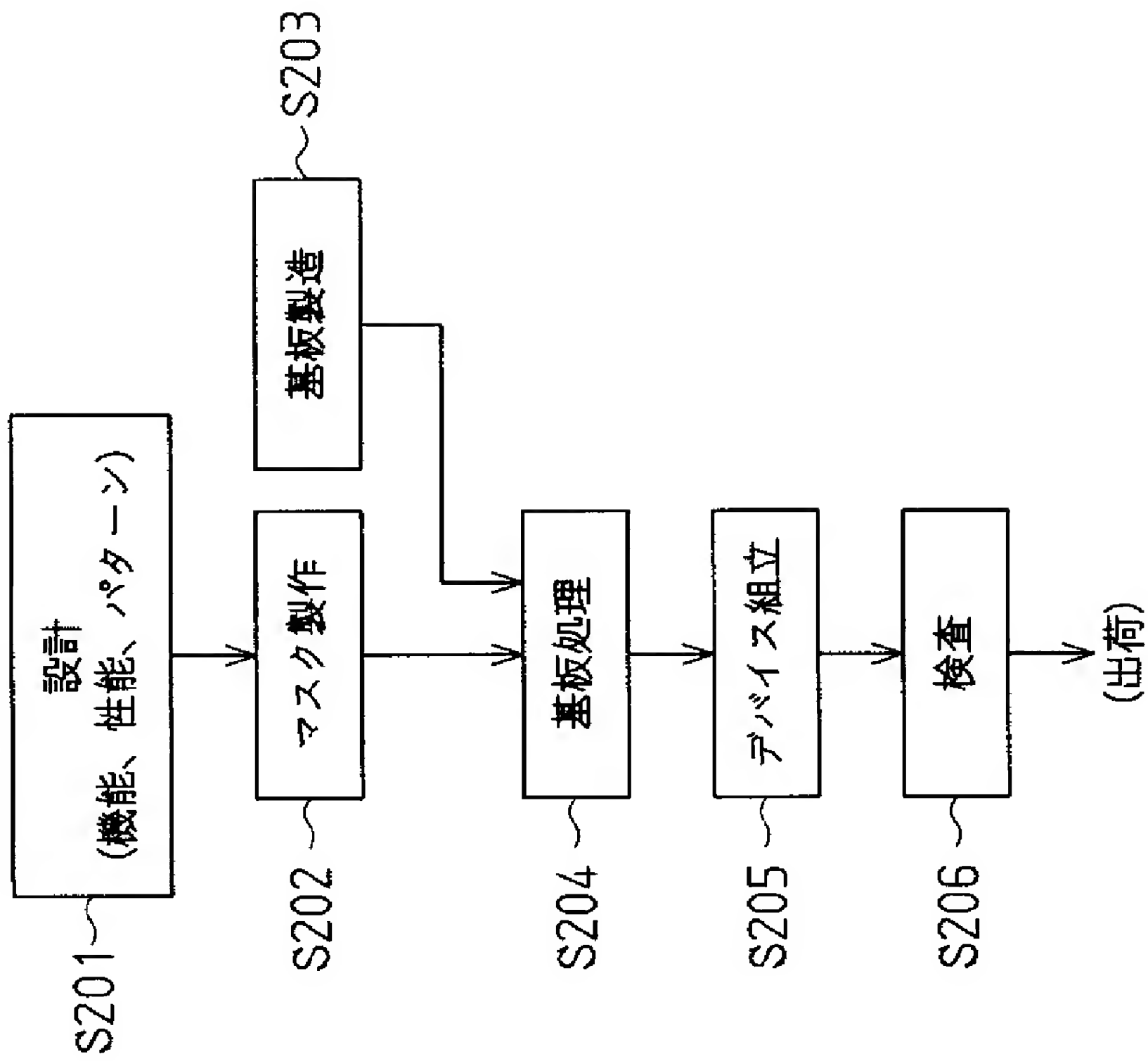
[図9]



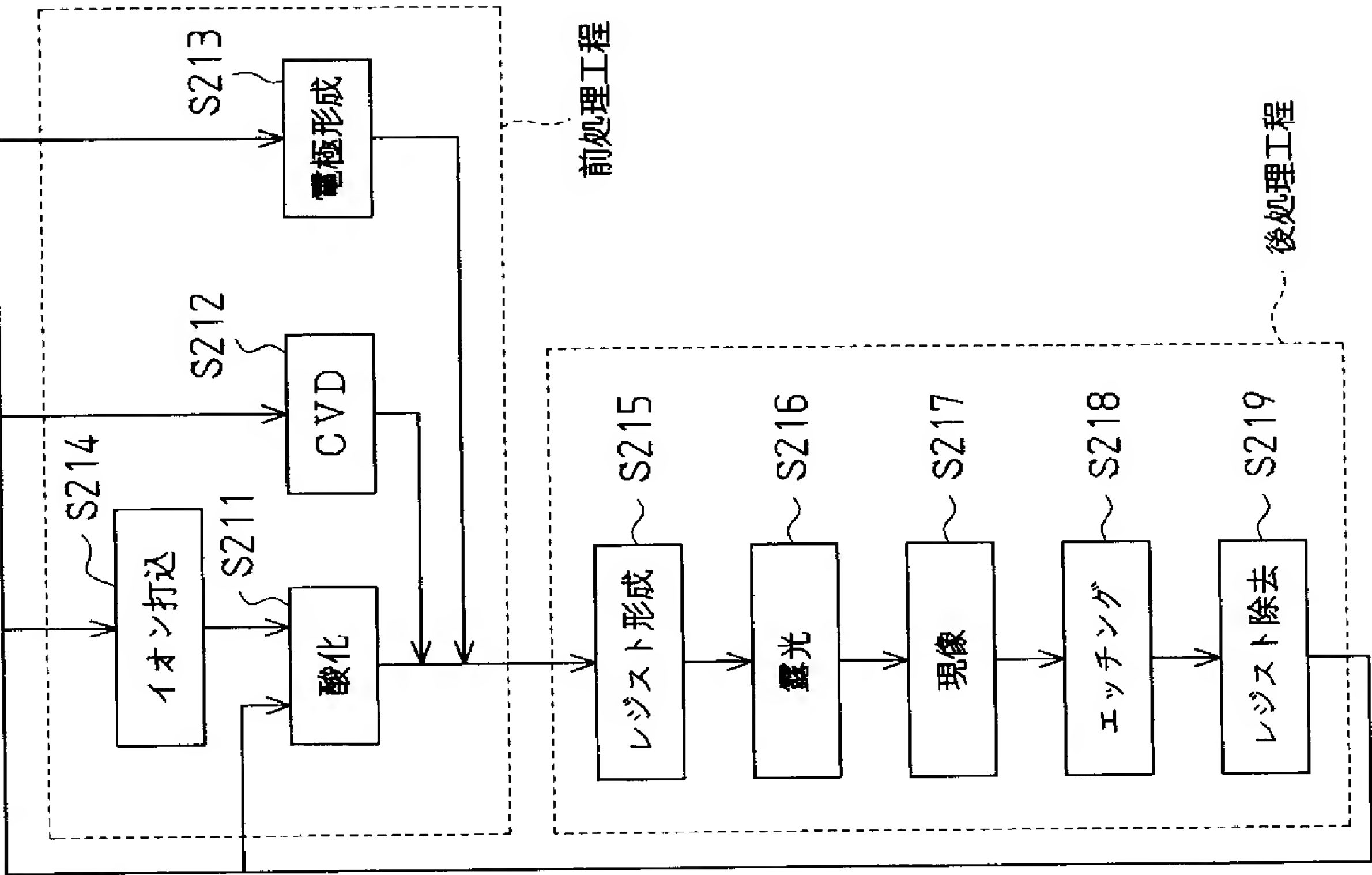
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019265

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B7/02, G03F7/20, H01L21/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B7/02, G03F7/20, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|--------------------------------------|
| X Y | JP 10-186198 A (Ushio Inc.), 14 July, 1998 (14.07.98), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none) | 1, 2, 21-24 3-20 |
| X Y | US 6259571 B1 (Carl-Zeiss-Stiftung), 10 July, 2001 (10.07.01), Full text; Figs. 1 to 5 & EP 1031996 A2 & DE 19908554 A1 & JP 2000-249886 A | 1, 2, 15-17, 21-24 3-14, 18-20 |
| Y | JP 2002-134384 A (Nikon Corp.), 10 May, 2002 (10.05.02), Full text; Figs. 1 to 5 Par. No. [0061] (Family: none) | 3-6, 8, 18-20 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

| | |
|---|--|
| * Special categories of cited documents: | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | |

Date of the actual completion of the international search
30 March, 2005 (30.03.05)

Date of mailing of the international search report
19 April, 2005 (19.04.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019265

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y | JP 2002-131605 A (Nikon Corp.), 09 May, 2002 (09.05.02), Par. No. [0169] (Family: none) | 7 |
| Y | US 2002/0085291 A1 (Thomas Dieker), 04 July, 2002 (04.07.02), Full text; Figs. 1 to 11 & EP 1209500 A3 & DE 10053899 A1 & JP 2002-244008 A | 11,12 |
| Y | JP 11-44834 A (Canon Inc.), 16 February, 1999 (16.02.99), Par. Nos. [0036], [0037] (Family: none) | 13,14 |
| Y | JP 2001-343575 A (Nikon Corp.), 14 December, 2001 (14.12.01), Par. No. [0139] & US 2001/0038500 A1 & EP 1139175 A2 | 10 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl⁷ G02B 7/02
G03F 7/20
H01L21/027

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl⁷ G02B 7/02
G03F 7/20
H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1940-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2004年
日本国登録実用新案公報 1994-2004年
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|-----------------------------------|
| X Y | JP 10-186198 A (ウシオ電機株式会社) 1998.07.14, 全文, 第1-7図 (ファミリーなし) | 1, 2, 21-24 3-20 |
| X Y | US 6259571 B1 (Carl-Zeiss-Stiftung), 2001.07.10, 全文, 第1-5図 & EP 1031996 A2 & DE 19908554 A1 & JP 2000-249886 A | 1, 2, 15-17, 21-24 3-14, 18-20 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.03.2005

国際調査報告の発送日

19.4.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森 竜介

2V

8805

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| Y | JP 2002-134384 A (株式会社ニコン) 2002. 05. 10, 全文, 第1-5図 【0061】 (ファミリーなし) | 3-6, 8, 18-20 |
| Y | JP 2002-131605 A (株式会社ニコン) 2002. 05. 09, 【0169】 (ファミリーなし) | 7 |
| Y | US 2002/0085291 A1 (Thomas Dieker), 2002. 07. 04, 全文, 第1-11図 & EP 1209500 A3 & DE 10053899 A1 & JP 2002-244008 A | 11, 12 |
| Y | JP 11-44834 A (キヤノン株式会社) 1999. 02. 16, 【0036】 【0037】 (ファミリーなし) | 13, 14 |
| Y | JP 2001-343575 A (株式会社ニコン) 2001. 12. 14, 【0139】 & US 2001/0038500 A1 & EP 1139175 A2 | 10 |